

Etude et réalisation d'un système à base de connaissances d'aide à la décision en cas d'intervention sur des accidents majeurs

*D. Malavieille, J-L Ermine, Commandant Ribot,
Capitaine Lions, Lieutenant Condamin*

*Actes du colloque
IA '95, 26-30 juin 1995, Montpellier, EC2 eds, 1995*

Etude et réalisation d'un Système à Base de Connaissances d'aide à la décision en cas d'intervention sur des accidents majeurs.

Denis Malavieille

*Commissariat à l'Energie Atomique,
Centre d'Etudes Nucléaire de Saclay
DIST/SBDS
CEA, CEN Saclay
91190 Gif sur Yvette Cedex*

Jean-Louis Ermine

*Commissariat à l'Energie Atomique,
Centre d'Etudes Nucléaire de Saclay
INSTN
CEA, CEN Saclay
91190 Gif sur Yvette Cedex*

Commandant Ribot

Capitaine Lions

Lieutenant Condamin

*Direction Départementale des
Services d'Incendie et de Secours de
Seine Maritime
D.D.S.I.S. 76
26 Rue Desmarest, BP 1026
76172 Rouen Cedex*

RESUME : L'accident majeur se caractérise par une forte dynamique, l'urgence et une part d'inconnue élevée. La complexité de ce type d'accident rend particulièrement délicate la gestion de l'intervention des services de secours. En particulier, le responsable de l'intervention éprouve des difficultés à dégager une vue d'ensemble de l'accident et de son contexte, et donc à prendre une décision. Le projet présenté a pour but d'étudier et réaliser un système à base de connaissances d'aide à la décision en intervention, non spécifique à un type d'accident particulier. On a pour cela modélisé l'expertise des sapeurs-pompiers sur la Méthode de Raisonnement Tactique (MRT). Le modèle formel d'expertise obtenu permet de définir une ontologie de l'intervention. Il sera utilisé pour mettre en oeuvre une base de connaissances sur l'intervention. L'architecture proposée pour le système informatique est articulée autour d'un Système de Gestion de Base de Connaissances (SGBC) qui permet à différents outils d'exploiter et de gérer les connaissances de la base. Dans un premier temps, un outil d'Enseignement Assisté par Ordinateur de la MRT permettra de valider le modèle en le testant sur un grand nombre de personnes. Le retour d'expérience permettra alors de spécifier ce que sera l'outil final d'aide à la décision sur le terrain.

ABSTRACT: A severe accident is remarkable for its high dynamic, the emergency and the unknown. Its complexity makes the intervention management a quite delicate task for rescue teams. The man in charge of the intervention has difficulty in catching a synthetic view of the accident and its environment, and so in taking a decision. The project we present aims at studying and realizing a knowledge-based decision-support system which is not designed for a particular kind of accident. For this purpose we model the fire-fighters know-how in using the Tactical Reasoning Method (TRM). The resulting formal model of expertise leads to the definition of an ontology for intervention. It will be used for developing a knowledge base on intervention. The proposed software architecture is built on a Knowledge Based Management System (KBMS) which allows different tools to exploit and manage the knowledge of the base. In the beginning, a Computer Aided Instruction tool for the TRM will make possible the validation of the model by testing it with many users. The feedback will allow us to specify what should be the final decision support tool on the field.

MOTS CLES : Système à Base de Connaissances, Acquisition des Connaissances, Méthode de Raisonnement Tactique, EAO, Risque Majeur, Gestion de Crise.

KEY WORDS: Knowledge Based System, Knowledge Acquisition, Tactical Reasoning Method, Computer Aided Instruction, Severe Accident Management.

1. Introduction

D'après Patrick LAGADEC, l'accident majeur se caractérise par une grande ampleur, une part d'inconnu élevée, une urgence, beaucoup d'intervenants, et des problèmes critiques de communication [Laga91]. Malgré une formation croissante, une spécialisation de plus en plus forte et des moyens sophistiqués, les sapeurs-pompiers éprouvent les plus grandes difficultés à gérer efficacement une intervention sur un accident majeur. Il est en effet difficile pour le responsable de l'intervention d'obtenir une vue d'ensemble de l'accident et de son contexte, et

donc de prendre une décision. Pour résoudre ce problème, les sapeurs-pompiers utilisent une méthode de raisonnement qui permet d'analyser l'accident : la Méthode de Raisonnement Tactique (MRT). Mais la quantité d'informations à prendre en compte est telle que face à l'urgence de la situation, les sapeurs-pompiers n'ont pas le temps de les exploiter comme il faudrait pour appliquer correctement la MRT. L'aide à l'intervention se conçoit alors comme un outil qui permet de structurer l'information et de la filtrer intelligemment, afin que les sapeurs-pompiers disposent rapidement des données nécessaires et suffisantes à l'application de la MRT, c'est à dire qui leur permettent de choisir les Différentes Tâches à Accomplir (DTA) adaptées à l'accident.

Une première thèse soutenue par Olivier Grandamas [Gran92] avait pour objectif de mettre au point un outil d'aide à l'intervention en cas d'accident de transport de matières dangereuses. Un examen approfondi des logiciels existant suivi d'un exercice de simulation en vraie grandeur ont montré que si ces logiciels répondaient aux besoins des sapeurs-pompiers en termes de sources d'informations, la difficulté résidait dans l'exploitation efficace de ces informations [Lion92]. Olivier Grandamas a alors décidé de développer un système à base de connaissances. Il a eu pour cela recours à une méthode de génie cognitif propre au CEA : MOISE (Méthode Organisée d'Ingénierie des Systèmes Experts). Développée par J-L. Ermine à partir de 1989, cette méthode présente de nombreux points communs, à la fois dans la forme et dans la démarche, avec KADS et KOD apparus à la même époque. On trouvera une étude comparative dans [Ermi93].

Une maquette d'outil logiciel, ODAIN (Outil D'Aide à l'Intervention), a permis de valider cette approche. Ce travail a suscité un vif intérêt dans la communauté de la sécurité. Les sapeurs-pompiers de Rouen ont alors décidé de continuer le travail afin d'obtenir un système d'aide à la décision en intervention sur un type quelconque d'accident majeur. Cet article présente les résultats d'un projet de recherche débuté depuis 1989 au CEA, obtenus dans le cadre de la thèse de Denis Malavieille qui fait l'objet d'un contrat de cofinancement entre la Direction Départementale des Services d'Incendies et de Secours de Seine-Maritime et le CEA, sous la direction de J-L. Ermine, professeur à l'INSTN (Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires).

2. Présentation du domaine d'expertise

La difficulté du projet était principalement de ne pas se limiter à un type d'intervention. Dans ce but nous avons modélisé l'expertise sur l'application de la Méthode de Raisonnement Tactique.

La Méthode de Raisonnement Tactique

La MRT est un processus intellectuel qui donne au responsable de l'intervention les moyens de procéder à une étude de la réalité de l'intervention, par la division du problème en parties cohérentes (analyse), puis de concevoir les actions qui vont modifier l'évolution du sinistre (synthèse). Cette méthode s'avère performante en termes d'aide à la décision, mais il faut du temps, et un réel effort de formation, pour la maîtriser. Ainsi, appliquer la MRT nécessite en soi un long entraînement. L'appliquer efficacement dans une situation de crise relève de l'expertise, acquise au cours de nombreuses expériences sur le terrain. Largement utilisée et enseignée aux élèves officiers [Pand94], la MRT avait depuis longtemps fait l'objet d'une profonde réflexion de la part des experts. Le travail de modélisation de cette expertise n'a donc pas posé de difficultés majeures.

Des informations de natures et d'origines très diversifiées

Comme on l'a vu, la principale difficulté de gestion d'une intervention provient de la quantité élevée de paramètres à prendre en compte. On doit connaître les caractéristiques géographiques de la zone du sinistre, les évolutions météorologiques, les moyens matériels et humains disponibles etc.

Un deuxième problème réside dans l'acquisition de ces informations. Elles peuvent provenir de bases de données, de mesures ou observations sur le terrain, de documents écrits, d'experts. En fait, où trouver l'information est une autre problématique, qui fait souvent l'objet d'une expertise à part entière.

Une grande partie du travail a consisté à identifier avec les experts des sapeurs-pompiers les informations utilisées.

3. La phase d'acquisition des connaissances

L'acquisition des connaissances sur la MRT a été réalisée par des entretiens avec les experts, en prenant comme thèmes deux types d'interventions considérés comme significatifs: Les feux d'hydrocarbures, et les transports de matières dangereuses. La méthode S2D2 (Static, Semantic and Dynamic Design) de spécification des connaissances a servi de support de médiation avec les experts.

La méthode S2D2

S2D2 est la méthode de spécification des connaissances utilisée dans MOISE. Elle différencie la connaissance statique et la connaissance dynamique. La connaissance statique définit les concepts que les experts utilisent pour résoudre le problème qui leur est posé. Il s'agit non seulement d'identifier ces concepts, mais aussi de comprendre comment les experts les ont organisés par rapport à leur activité. On adopte pour cela une modélisation utilisant les réseaux sémantiques. La connaissance dynamique définit comment la connaissance statique est utilisée pour résoudre le problème posé. On désire identifier les différentes tâches réalisées par les experts, et définir leur ordonnancement.

Le modèle de tâches de S2D2 est proche de modèles plus connus tels que celui de Chandrasekaran [Chan86 et 92], McDermott [McDe88], Musen [Puer92], KADS [Breu94], ou encore KREST [Stee92]. S2D2 en partage le même but commun : modéliser au niveau de la connaissance et non au niveau symbolique [Newe82].

La différence marquante de S2D2 réside dans l'utilisation de tâches typées qui définissent chacune un contrôle sur les sous-tâches. On a donc une décomposition en tâche/sous-tâches, et non en tâche/méthodes/sous-tâches. Ce choix provient de la notion de tâches en psychologie cognitive. Les types de tâches (Séquence, Choix, Répétition ...) sont parlants pour les experts qui adoptent très rapidement la méthode, et participent naturellement à la réalisation des structures de tâches. Ce type de modélisation est aussi utilisé entre autre en ergonomie cognitive [Sebi94]. Elle offre un support de médiation efficace entre les experts et les ingénieurs de la connaissance.

Le choix de la méthode S2D2 n'est aucunement justifié par une quelconque supériorité par rapport à d'autres méthodes plus connues comme KADS et KOD. Elle avait déjà été utilisée par O. Grandamas et était donc connue des experts. Elle bénéficiait de plus de l'expérience de l'équipe au sein de laquelle se déroule la thèse.

4. Résultats

L'analyse approfondie déjà menée par les experts des sapeurs-pompiers, associée au travail de thèse d'O. Grandamas, nous a permis d'avancer somme toute assez rapidement dans la phase

d'acquisition des connaissances. Nous avons obtenu une ontologie de l'intervention et 10 tâches qui décrivent comment les sapeurs-pompiers gèrent une intervention sur un type quelconque d'accident majeur.

Cependant chaque accident, chaque intervention, est bien sur un cas particulier. Afin de pouvoir capitaliser l'expérience acquise sur une intervention, nous avons introduit la notion de scénario d'intervention. Chaque scénario est donc une instanciation du modèle général, qui résulte de l'application de la MRT sur un cas particulier.

Modèle formel d'expertise sur la MRT

La phase d'acquisition des connaissances a abouti à une spécification des connaissances du domaine. Notre but étant de rendre ces spécifications manipulables par un système informatique, nous avons repris les modèles utilisés dans la méthode S2D2 pour représenter la connaissance statique et dynamique, afin de définir un langage de tâches [Mala94] dont nous avons décrit la syntaxe par une grammaire BNF [Alkh93].

Présentation du langage de tâches

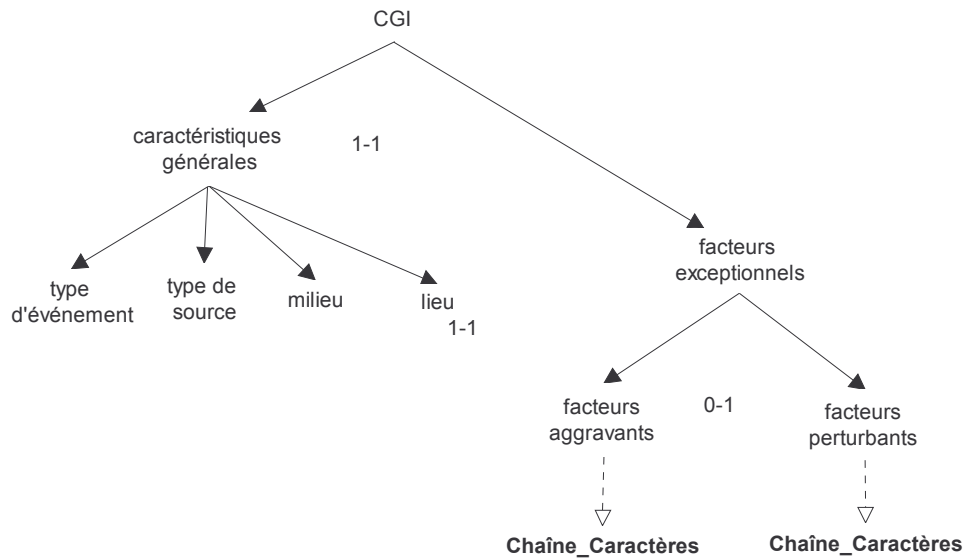
La spécification des connaissances obtenues ne représentait pas toutes les informations nécessaires à la mise en oeuvre du modèle d'expertise. Il fallait en particulier expliciter comment les tâches échangent des paramètres, et de quelle façon ces paramètres sont liés aux concepts du domaine, donc aux réseaux sémantiques qui les décrivent.

La tâche *décrire le sinistre* est un bon exemple du langage de tâche défini dans ce but. Il s'agit de compléter les informations fournies par la tâche *déterminer le CGI* (Cadre Général de l'Intervention), et de déterminer au moins une suite d'évolutions possibles du sinistre (situation envisageable).

tâche	décrire le sinistre
type_tâche	séquence
paramètres_entree	(CG elt CGI)
paramètres_sortie	(SE elt (1-n) situation envisageable, CG elt CGI)
sous_tâches	(décrire la situation immédiate, choisir les situations envisageables)
flux {	
	décrire le sinistre.CG att caractéristiques générales→ décrire la situation immédiate.SI
	décrire la situation immédiate.SI → décrire le sinistre.CG att caractéristiques générales
	choisir les situations envisageables.SE → décrire le sinistre.SE
}	

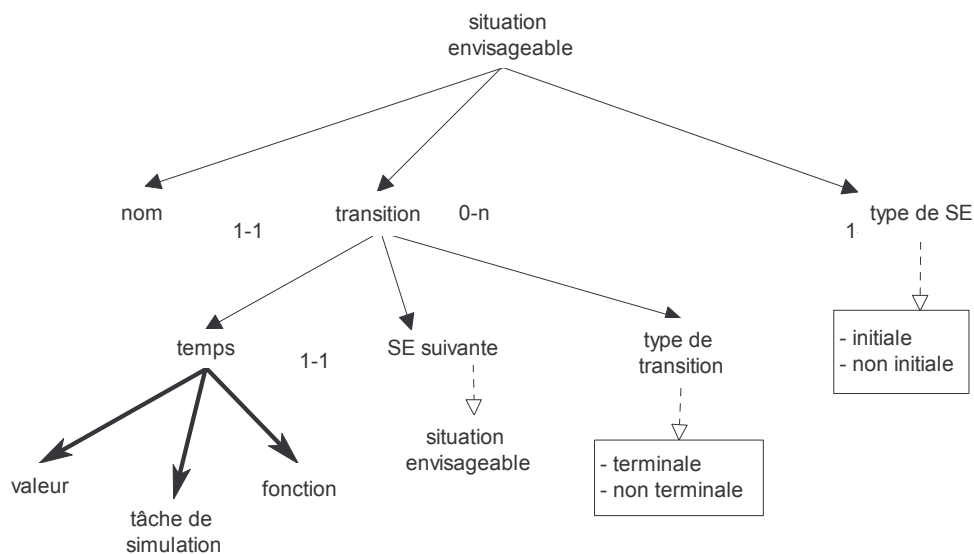
décrire le sinistre est de type séquence, elle exécute donc l'une après l'autre les deux sous-tâches *décrire la situation immédiate* et *choisir les situations envisageables*.

Le champ flux décrit le flot de données entre la tâche *décrire le sinistre* et ses sous-tâches. Ainsi la tâche *décrire la situation immédiate* va compléter l'attribut 'caractéristiques générales' de l'instance CG du concept CGI (figure 1), et le retourner à la tâche *décrire le sinistre*.



Réseau sémantique décrivant le concept 'CGI' (Cadre Générale de l'Intervention) - figure 1

La sous-tâche *choisir les situations envisageables* doit quand à elle retourner un tuple d'instances du concept 'situation envisageable' (figure 2).



Réseau sémantique du concept 'situation envisageable' - figure 2

Les réseaux sémantiques définissent trois types classiques de relations (figure 2): on dit que le concept 'valeur' spécialise le concept 'temps', que le concept 'situation envisageable' peut avoir comme attribut entre 0 et n instances du concept 'transition', et enfin que le concept 'type de transition' peut avoir comme instances les valeurs *terminales* et *non terminales*.

On a ainsi modélisé 73 tâches et 254 concepts. En fait le nombre de concepts ira sans cesse croissant au fur et à mesure que l'on abordera de nouveaux cas d'intervention. Il est cependant intéressant de remarquer que seule une trentaine de concepts apparaissent dans la

modélisation des tâches. Tous les autres sont des spécialisations de ces concepts génériques qui définissent une ontologie de l'intervention [Mala94].

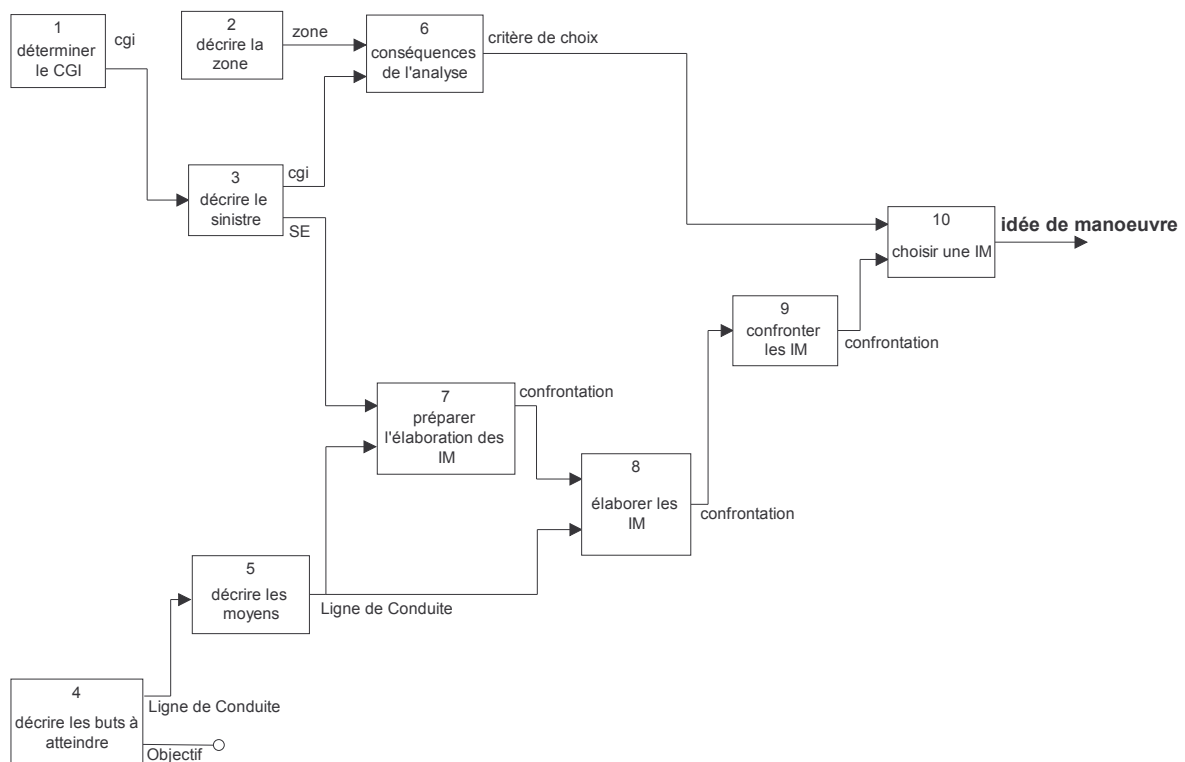
Présentation des tâches de la MRT

Nous avons identifié dix tâches principales concourant à la mise en œuvre de la MRT. Nous proposons une représentation graphique de l'ordonnancement de ces dix tâches, avec un flot de données simplifié, qui décrit la décomposition de la tâche **réaliser une MRT**. Cette tâche exécute en séquence les dix tâches de la figure 3.

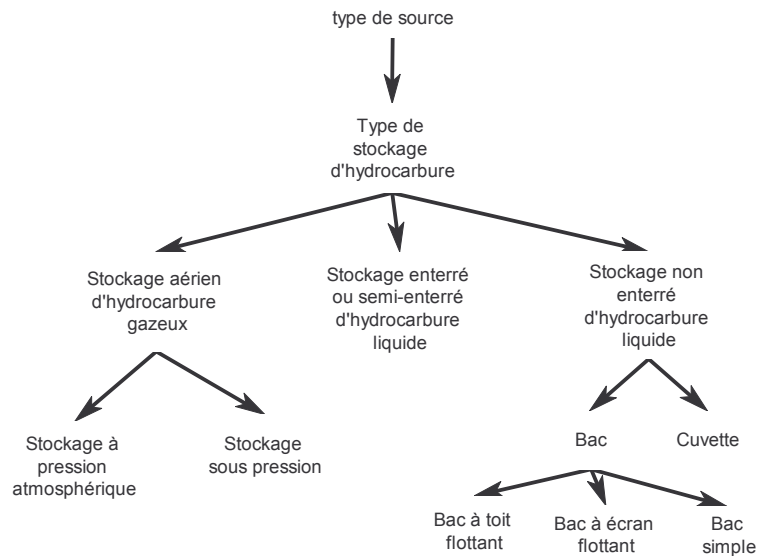
Les numéros des tâches indiquent l'ordre dans lequel elles s'exécutent. Les flèches décrivent la circulation des données entre les tâches. Les noms sur les flèches correspondent à un nom de concept décrit par un réseau sémantique dans la connaissance statique. Ces noms signifient que lors de l'exécution de la tâche *réaliser une MRT*, les sous_tâches s'échangent des instances des concepts identifiés dans le flot de données.

La dernière tâche *choix d'une IM* produit une idée de manoeuvre, qui sera l'information finale produite par la tâche **réaliser une MRT**.

Enfin ces tâches ne sont pas spécifiques à un type d'intervention particulier. Les paramètres appartiennent à des concepts génériques valables quelle que soit l'intervention pour laquelle on voudra mettre en oeuvre la MRT. Prenons comme exemple la source de danger. On définit le concept **type de source** et la taxinomie des sources de dangers (figure 4).



Décomposition simplifiée de la tâche 'réaliser une MRT' - figure 3



Taxinomie des sources de danger pour les feux d'hydrocarbure- figure 4

En fonction de l'intervention considérée, on choisira par exemple une instance du sous-concept *stockage à pression atmosphérique* ou *bac à écran flottant*. Toutes les tâches présentées ne les traiterons cependant que comme des instances du concept **type de source**.

On remarquera qu'il s'agit bien entendu d'une décomposition au premier niveau de la tâche *réaliser une MRT*. Ces tâches se redécomposent pour arriver à un total de 73 tâches.

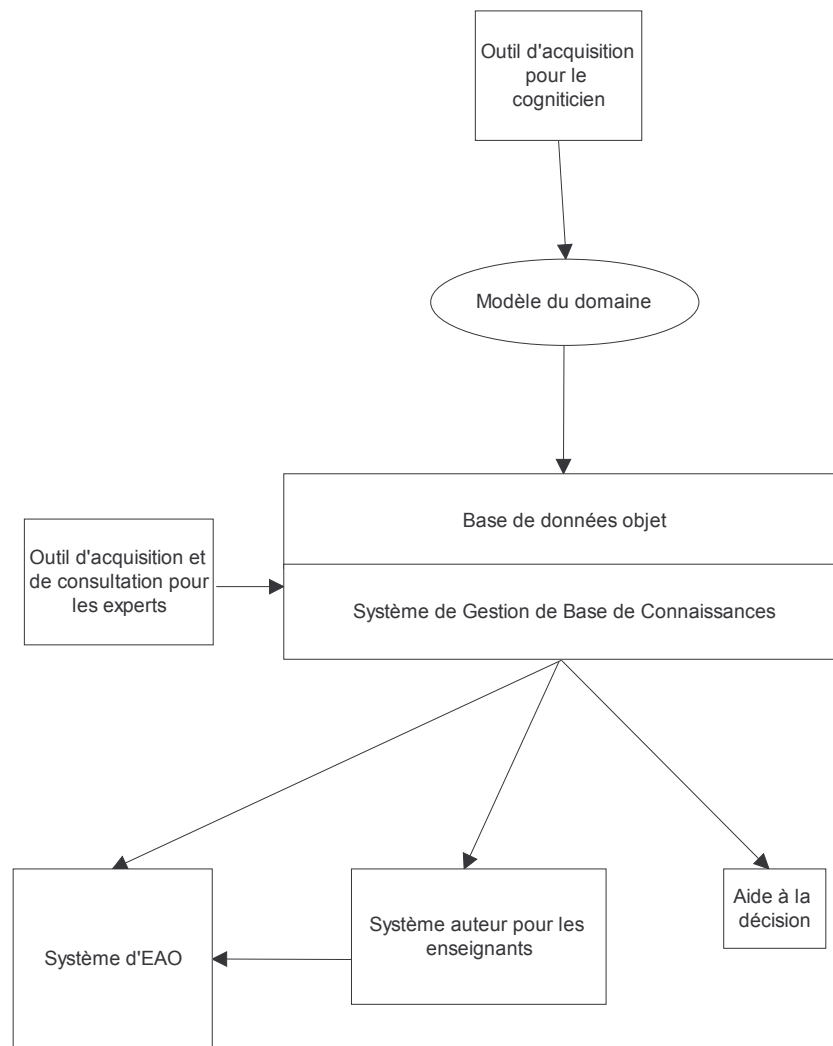
5. Validation du modèle via un système d'EAO

Un outil d'aide à la décision en intervention présente deux problèmes délicats pour les experts. Le modèle doit tout d'abord être validé, c'est à dire testé sur de nombreux cas, avant d'être utilisé sur le terrain. L'introduction d'un outil d'aide de ce type dans une situation de crise risque de conduire les experts à reporter la responsabilité de leurs actes sur la machine, c'est à dire de trop "faire confiance à l'ordinateur", ce qu'il faut à tout prix éviter. On a donc choisi de développer un outil d'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO) basé sur l'utilisation des scénarios d'intervention, et couplé à un simulateur [Benh92]. Un tel système répondrait au besoin d'enseignement de la MRT aux élèves officiers, qui pourraient ainsi s'entraîner sur de nombreux cas. On pourra du même coup tester le modèle, et les connaissances introduites dans le système, sur un grand nombre de personnes. Le retour d'expérience permettra alors de spécifier ce que sera l'outil final d'aide à la décision.

Architecture du Système à Base de Connaissances

Le modèle obtenu est le point de départ pour réaliser un système informatique dont les objectifs sont de servir de support aux activités suivantes:

- acquérir et maintenir un modèle d'expertise sur l'intervention en cas d'accidents majeurs (rôle du cogniticien).
- construire une base de connaissances à partir du modèle d'expertise.
- enrichir et maintenir la base de connaissances (rôle des experts).
- utiliser la base de connaissances pour transmettre la connaissance acquise.
- utiliser la base de connaissances pour assister les experts lors d'une intervention.



Architecture du Système à Base de Connaissances - figure 5

La base de connaissances

On peut définir la base de connaissances comme un ensemble d'informations structurées modélisant des entités du monde réel, associées à des tâches décrivant comment utiliser ces informations pour agir sur le monde réel, ou mener à bien des raisonnements. La base de connaissances est alors perçue comme une structure informatique permettant de stocker les instances des modèles d'expertise, et de les exploiter.

On souhaite mettre en place une solution informatique comparable à une base de données. C'est à dire un module séparé, permettant de décrire les connaissances indépendamment du matériel, et offrant une interface d'accès uniforme pour différentes applications. Les Bases de Données Orientées Objets (BDOO) offrent aujourd'hui toutes les caractéristiques nécessaires pour manipuler les informations décrites par les modèles que l'on utilise. Un Système de Gestion de Bases de Connaissances (SGBC) permettra de gérer une BDOO en tenant compte des spécificités du contenu de la base. Il permettra d'assurer la cohérence des connaissances lors de leur modification, et réalisera les tâches demandées en prenant en charge leur contexte d'exécution.

On choisit donc de considérer un système à base de connaissances comme un système informatique classique articulé autour d'une base de connaissances, ou plus exactement autour d'un SGBC [Mala94b]. On distinguera trois grandes classes d'applications. Celles destinées aux cognitivistes, chargés de concevoir et de maintenir (faire évoluer) le modèle. Celles destinées aux experts, chargés de faire évoluer le contenu de la base de connaissances. Et enfin celles destinées aux utilisateurs, qui exploitent les connaissances de la base selon différents objectifs et points de vue (voir figure 5).

Gérer les modifications du modèle

Le modèle évoluera nécessairement lorsqu'il sera confronté à l'utilisation pratique du SBC. Chaque modification aura des répercussions sur la structure de la base de connaissances, et par conséquent sur les applications qui l'utilisent. Il faudra donc mettre en place une méthode, ainsi que les outils la supportant, afin qu'un développeur puisse passer rapidement d'un nouveau modèle au nouveau système à base de connaissances correspondant.

6. Conclusion

L'année 1994 a abouti à un modèle formel d'expertise sur la MRT, qui spécifie la connaissance des sapeurs-pompiers sur la méthode de gestion d'une intervention en cas d'accident majeur. Un tel modèle permettra de réaliser un système d'aide à la décision en intervention.

Les phases d'acquisition et de formalisation terminées, on s'engage maintenant dans la conception d'un système informatique articulé autour d'une base de connaissances.

Ce travail occupera l'essentiel de l'année à venir qui verra la mise en service progressive de plusieurs prototypes destinés aux experts. L'expérience acquise permettra alors de proposer un système utilisable pour l'enseignement au début de l'année 1996.

La base de connaissances permettra de plus de capitaliser l'expérience acquise sur le terrain en proposant une base de scénarios, c'est à dire une base de cas d'intervention, saisis par les experts. Le système pourra donc être utilisé pour gérer le retour d'expérience.

Bibliographie

- [Alkh93] B. Alkhatib. "Etude et réalisation d'un système d'exploitation des connaissances: application au domaine de l'automatique". Thèse, Université de Bordeaux I, Bordeaux (France), 1993.
- [Benh92] A. Benhouhou. "Un générateur automatique de scénarii pour la réalisation d'un tuteur intelligent". Actes *1ères Rencontres jeunes chercheurs en IA*, p89-105, Rennes (France), Septembre 92.
- [Breu94] J. Breuker, et W. Van de Velde, Editeurs. *Common KADS library for expertise modelling (reusable problem solving components)*. IOS Press, Amsterdam (Netherlands), 1994.
- [Chan86] B. Chandrasekaran. "Generic Tasks in Knowledge-Based Reasoning: High-Level Building Blocks for Expert System Design". *IEEE Expert*, p23-30, Automne 1986.
- [Chan92] B. Chandrasekaran, T.R. Johnson et W. Smith. "Task-Structure Analysis for Knowledge Modeling". *Communication of the ACM*, Vol.35, No.9, p124-136, Septembre 1992.

- [Ermi93] J-L. Ermine. *Génie logiciel et Génie cognitif pour les systèmes à base de connaissances: Volume 1, Aspects Méthodologiques*. Lavoisier Tec & Doc, Paris (France), 1993.
- [Gran92] O. Grandamas. "Aide à l'organisation de l'intervention en cas d'accidents de transport de produits toxiques liquides ou gazeux". Manuscrit de thèse, Université de Savoie, Octobre 1992.
- [Laga91] P. Lagadec. *La gestion des crises (outil de réflexion à l'usage des décideurs)*. McGraw-Hill, Paris (France), 1991.
- [Lion92] P. Lions et O. Grandamas. "Exercice du 26 février 1992: simulation de la dispersion d'un nuage d'ammoniac". D.D.S.I.S. Rouen (Direction Départementale des Services d'Incendie et de Secours), 1992.
- [Mala94] D. Malavieille. *Spécification formelle de la Méthode de Raisonnement Tactique*. Rapport de recherche EGC/DM/94/008, CEA (Commissariat à l'Energie Atomique), Saclay, Septembre 1994.
- [Mala94b] D. Malavieille. *Propositions pour le développement d'un Système à Base de Connaissances sur la Méthode de Raisonnement Tactique*. Rapport de projet EGC/DM/94/009, CEA (Commissariat à l'Energie Atomique), Saclay, Octobre 1994.
- [McDe88] J. McDermott. "Preliminary steps toward a taxonomy of problem-solving methods". Dans S. Marcus, Editeur. *Automating Knowledge Acquisition for Expert Systems*, p225-256, Kluwer Academic, Boston (MA), 1988.
- [Newe82] A. Newell. The Knowledge Level. *Artificial Intelligence*, Vol.18, No.1, p87-127, 1982.
- [Pand94] Commandant Pandele. *Méthode de Raisonnement Tactique*. Ecole Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers, 1994.
- [Puer92] A.R. Puerta, J.W. Egar, S.W. Tu, et M.A. Musen. "A multiple-method knowledge acquisition shell for the automatic generation of knowledge-acquisition tools". *Knowledge Acquisition*, Vol.4, No.2, p171-196, Juin 1992.
- [Sebi94] S. Sebillotte, et D.L. Scapin. "From users' task knowledge to high level interface specification". A paraître dans *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol.6, No.1, 1994.
- [Stee92] L. Steels. *Reusability and configuration of applications by non-programmers*. Rapport VUB AI Memo 92-4, VUB AI Lab, Bruxelles (Belgique), Avril 1992.